

486/TA-SS/TL-2/FT/III/2019

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(EV – 003)**

**DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN
MENGUNAKAN REAKTOR KARBON AKTIF
SISTEM BATCH**

Disusun Oleh:

**Diana Euis Andani
143050016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

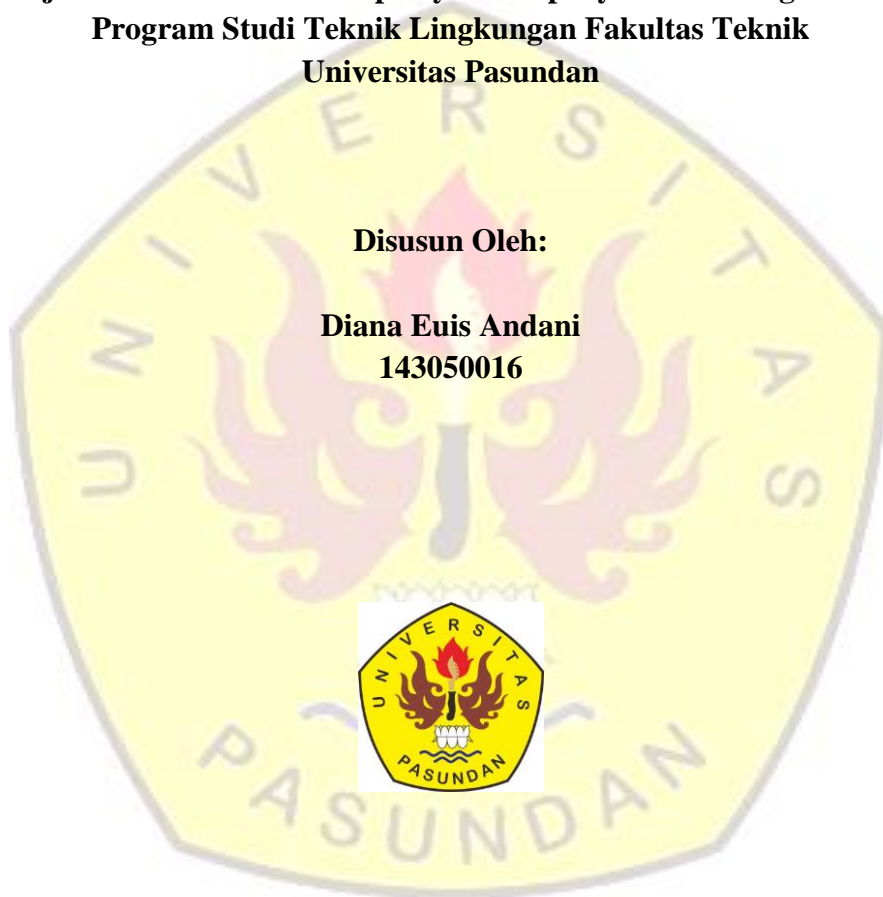
**DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN MENGGUNAKAN
REAKTOR KARBON AKTIF SISTEM BATCH**

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(EV – 003)**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian Program S-1
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan**

Disusun Oleh:

**Diana Euis Andani
143050016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR (EV – 003)

DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN MENGUNAKAN REAKTOR KARBON AKTIF SISTEM BATCH

Disusun Oleh:

**Diana Euis Andani
143050016**



**Telah disetujui dan disahkan
Pada, 5 Maret 2019**

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Hary Pradiko, ST., MT)

(Dr. Evi Afiatun, Ir., MT)

Penguji I

Penguji II

(Dr. Yonik M. Yustianti, Ir., MT)

(Astri W Hasbiah, ST., M.Env)

Daur Ulang Air Bekas Cucian Kendaraan Menggunakan Reaktor Karbon Aktif Sistem Batch

Diana Euis Andani

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan Bandung

Abstrak

Limbah cucian kendaraan merupakan salah satu limbah yang dapat mencemari lingkungan karena memiliki kandungan surfaktan yang bersifat persisten dan memerlukan waktu lama untuk terurai. Penelitian ini bertujuan menurunkan kadar COD dan surfaktan anionik yang terdapat dalam air bekas cucian kendaraan dari tiga skala tempat pencucian berbeda, yaitu pencucian kendaraan skala kecil, skala sedang, dan skala besar. Penurunan kadar COD dan surfaktan menggunakan tiga buah reaktor *acrylic* dengan tinggi 100 cm dan diameter variasi 10 cm, 15 cm, dan 20 cm yang berisi media karbon aktif dengan variasi ukuran butir 2 mm, 3 mm, dan >3 mm. Ketinggian media memiliki variasi 30 cm, 60 cm, dan 90 cm. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*. Hasil yang diperoleh kadar COD pada air bekas cucian kendaraan sebelum adsorpsi sebesar 452-6332 mg/L dan kadar surfaktan anionik sebesar 251-4394 mg/L. Nilai tersebut berada di luar ambang batas yang ditetapkan pemerintah yaitu sebesar 180 mg/L untuk COD dan 3 mg/L untuk surfaktan anionik. Hasil kondisi reaktor dengan penyisihan optimum yaitu reaktor berdiameter 10 cm, dengan media karbon aktif berukuran >3 mm dengan tinggi media 90 cm. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kandungan COD air bekas skala kecil sebesar 35%, air bekas skala sedang 100%, dan air bekas skala besar 35%. Untuk penurunan kandungan surfaktan anionik air bekas skala kecil sebesar 49%, air bekas skala sedang sebesar 99%, dan air bekas skala besar 64%. Untuk air bekas yang belum bisa terolah dengan baik, selanjutnya dilakukan pengolahan dengan rangkaian media, yaitu karbon aktif-zeolit dan zeolit-karbon aktif. Penyisihan terbaik terjadi pada reaktor dengan rangkaian karbon aktif-zeolit dengan penyisihan COD sebesar 99,8% dan penyisihan surfaktan anionik sebesar 99,96%. Proses yang terjadi dalam penelitian ini merupakan proses adsorpsi dengan mengikuti model isoterm Freundlich dimana mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara fisika dan *multilayer*

Kata kunci: adsorpsi, *batch*, COD, surfaktan anionik, karbon aktif, air limbah cucian kendaraan

Recycling of Used Water Washing Vehicles Using Batch System Activated Carbon Reactors

Diana Euis Andani

Department of Environmental Engineering – Engineering Faculty
Pasundan University, Bandung

Abstract

Waste of vehicle laundry is one of the wastes that can pollute the environment because it has a persistent surfactant content and takes a long time to decompose. The aim of this study was to reduce the levels of COD and anionic surfactants contained in vehicle wash water from three different scales, which are small-scale, medium-scale, and large-scale vehicle wash. Decreasing levels of COD and surfactant using three acrylic reactors with a height of 100 cm and a diameter variation of 10 cm, 15 cm and 20 cm containing active carbon media with variations in grain size of 2 mm, 3 mm, and > 3 mm. The height of the media has a variation of 30 cm, 60 cm, and 90 cm. The adsorption process is carried out by a batch method. The results obtained from COD levels in vehicle wash water before adsorptions were 452-6332 mg/L and the levels of anionic surfactants were 251-4394 mg/L. This value is beyond the government-defined threshold of 180 mg/L for COD and 3 mg/L for anionic surfactants. The results of the reactor conditions with optimum allowances are reactors with a diameter of 10 cm, with activated carbon media measuring > 3 mm with a media height of 90 cm. The results showed a decrease in small-scale used water COD content by 35%, medium-scale used water by 100%, and large-scale used water by 35%. For a decrease in small-scale used anionic surfactant by 49%, medium-scale used water by 99%, and large-scale used water by 64%. For used water that has not been able to be processed properly, then it is processed with a series of media, namely activated carbon-zeolite and zeolite-activated carbon. The best allowance occurred in the reactor with a series of activated carbon-zeolite with COD removal by 99.8% and removal of anionic surfactant by 99.96%. The process that occurs in this study is the adsorption process following the Freundlich isotherm model which assumes that the adsorption occurs in physics and multilayer.

Keywords: adsorption, batch, COD, anionic surfactant, activated carbon, waste of vehicle wash

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	I-3
1.3 Ruang Lingkup	I-4
1.4 Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Deterjen	II-1
2.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i>	II-10
2.3 Adsorpsi	II-11
2.4 Karbon Aktif	II-14
2.4.1 Pengertian Karbon Aktif	II-14
2.4.2 Sifat Fisis dan Struktur Kimia Karbon Aktif	II-16
2.4.3 Klasifikasi Karbon Aktif	II-17
2.4.4 Sifat Karbon Aktif	II-20
2.4.5 Pembuatan Karbon Aktif	II-21
2.5 Zeolit	II-22
2.5.1 Proses Pembentukan Zeolit	II-24
2.5.2 TNZ (<i>Treated Natural Zeolit</i>)	II-25
2.5 Adsorben	II-27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	III-1
3.2 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.3 Studi Literatur	III-1
3.4 Persiapan Penelitian.....	III-2
3.4.1 Daftar Alat	III-2
3.4.2 Daftar Bahan.....	III-2
3.4.3 Desain Reaktor	III-3
3.4.4 Penyiapan Media	III-4
3.4.5 Penelitian Pendahuluan terhadap Air Limbah	III-4
3.5 Penelitian	III-4
3.5.1 Pembuatan Air Baku untuk Penelitian Utama.....	III-5
3.5.2 Penentuan Ketinggian Media Optimum	III-5
3.5.3 Penentuan Diameter Reaktor Optimum.....	III-5
3.5.4 Penentuan Ukuran Butiran Media Optimum.....	III-6
3.5.5 Uji Variasi Air Baku.....	III-6
3.5.6 Variasi Rangkaian Media	III-6
3.6 Parameter yang Diukur.....	III-6
3.6.1 Konsentrasi COD.....	III-6
3.6.2 Konsentrasi Surfaktan Anionik	III-7
3.7 Hasil dan Pembahasan	III-7

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan.....	IV-1
4.1.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan MBAS	IV-1
4.1.2 Penentuan Kadar Surfaktan Anionik dengan Metode MBAS.....	IV-2
4.1.3 Pembuatan Air Baku.....	IV-3
4.2 Penelitian Utama.....	IV-5
4.2.1 Penentuan Ketinggian Media Optimum	IV-5
4.2.2 Penentuan Diameter Reaktor Optimum.....	IV-10

4.2.3 Penentuan Ukuran Butiran Optimum	IV-15
4.2.4 Uji Variasi Air Baku	IV-20
4.2.5 Variasi Rangkaian Media	IV-25
4.3 Penentuan Model Isoterm Proses Adsorpsi	IV-30

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

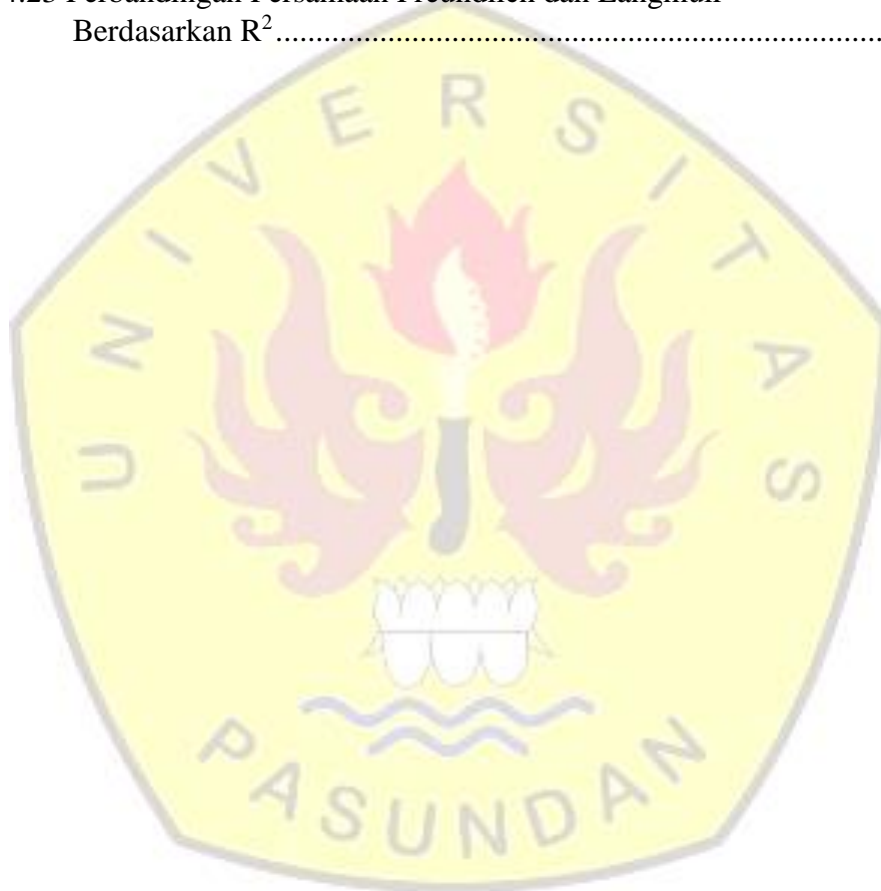
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Contoh Bahan <i>Additives</i> dalam Deterjen	II-4
Tabel 2.2	Klasifikasi Surfaktan Berdasarkan Jenisnya	II-8
Tabel 2.3	Sifat-Sifat dari TNZ	II-26
Tabel 2.4	Beberapa Tipe dan Fungsi TNZ	II-26
Tabel 4.1	Absorbansi Larutan Standar MBAS.....	IV-1
Tabel 4.2	Kadar Surfaktan Air Sabun Pencucian Kendaraan	IV-2
Tabel 4.3	Kadar Surfaktan Sabun Pencucian Kendaraan.....	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan COD Variasi Ketinggian Media	IV-6
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Surfaktan Anionik Variasi Ketinggian Media	IV-8
Tabel 4.6	Perbandingan Penyisihan COD dan Surfaktan Anionik Variasi Ketinggian Media dengan Baku Mutu.....	IV-10
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan COD Variasi Diameter Reaktor	IV-11
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Surfaktan Anionik Variasi Diameter Reaktor.....	IV-13
Tabel 4.9	Perbandingan Penyisihan COD dan Surfaktan Anionik Variasi Diameter Reaktor dengan Baku Mutu	IV-14
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan COD Variasi Ukuran Butiran	IV-16
Tabel 4.11	Hasil Pemeriksaan Surfaktan Anionik Variasi Ukuran Butiran..	IV-18
Tabel 4.12	Perbandingan Penyisihan COD dan Surfaktan Anionik Variasi Ukuran Butiran dengan Baku Mutu.....	IV-19
Tabel 4.13	Hasil Pemeriksaan COD Variasi Air Bekas Buatan.....	IV-21
Tabel 4.14	Hasil Pemeriksaan Surfaktan Anionik Variasi Air Bekas Buatan.....	IV-23
Tabel 4.15	Perbandingan Penyisihan COD dan Surfaktan Anionik Variasi Air Bekas Buatan dengan Baku Mutu	IV-25
Tabel 4.16	Hasil Pemeriksaan COD Variasi Rangkaian Media.....	IV-26
Tabel 4.17	Hasil Pemeriksaan Surfaktan Anionik Variasi Rangkaian Media	IV-29

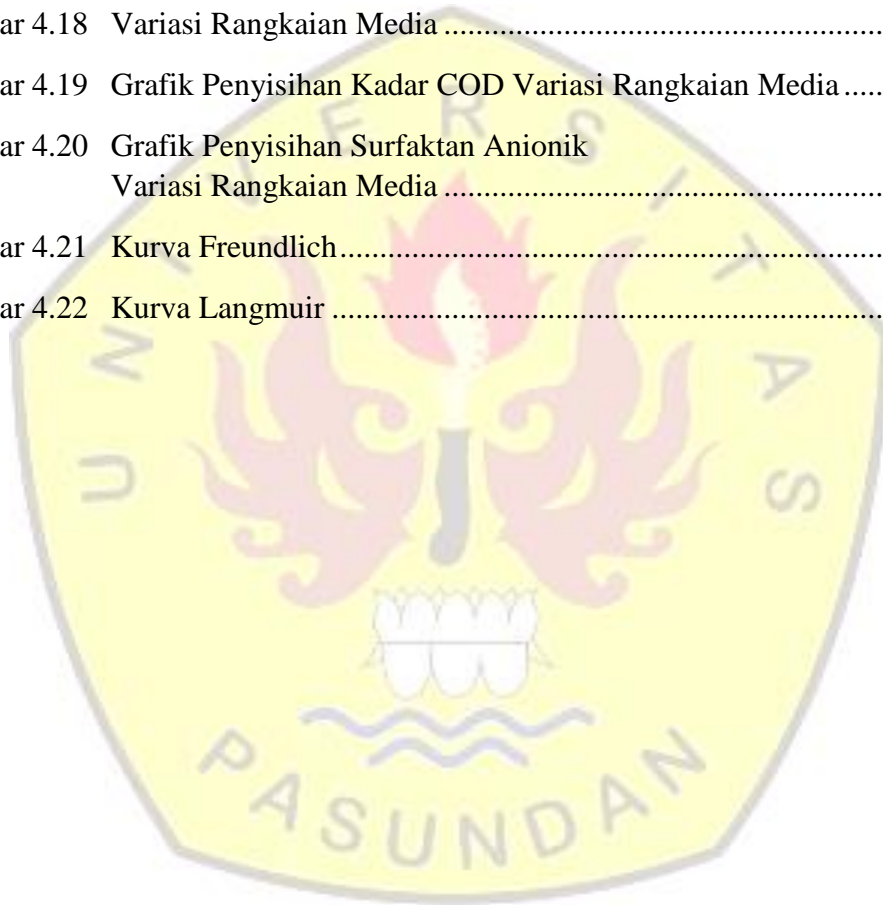
Tabel 4.18 Perbandingan Penyisihan COD dan Surfaktan Anionik Variasi Rangkaian Media dengan Baku Mutu	IV-30
Tabel 4.19 Penentuan Adsorpsi Karbon Aktif dengan Persamaan Isoterm Freundlich	IV-31
Tabel 4.20 Koefisien Konstanta Persamaan Isoterm Freundlich	IV-33
Tabel 4.21 Penentuan Adsorpsi Karbon Aktif dengan Persamaan Isoterm Langmuir	IV-33
Tabel 4.22 Koefisien Konstanta Persamaan Isoterm Langmuir	IV-35
Tabel 4.23 Perbandingan Persamaan Freundlich dan Langmuir Berdasarkan R^2	IV-35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lambang Umum Suatu Surfaktan	II-5
Gambar 2.2	Contoh Micellisasi Surfaktan	II-7
Gambar 2.3	Morfologi Permukaan Karbon Aktif pada Pembesaran 4000x	II-15
Gambar 2.4	Struktur Fisik Karbon Aktif.....	II-16
Gambar 2.5	Struktur Kimia Karbon Aktif.....	II-17
Gambar 2.6	Karbon Aktif Berbentuk Serbuk.....	II-17
Gambar 2.7	Karbon Aktif Berbentuk Granular.....	II-18
Gambar 2.8	Karbon Aktif Berbentuk Pelet.....	II-18
Gambar 2.9	Bentuk Morfologis Permukaan dan Permukaan Karbon Aktif.....	II-19
Gambar 2.10	Proses Pembentukan Struktur Zeolit	II-23
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2	Desain Penelitian	III-3
Gambar 3.3	Rangkaian Penelitian	III-4
Gambar 4.1	Kurva Kalibrasi Larutan Standar MBAS	IV-2
Gambar 4.2	Variasi Ketinggian Media.....	IV-5
Gambar 4.3	Grafik Penyisihan Kadar COD Variasi Ketinggian Media	IV-7
Gambar 4.4	Persentase Penyisihan COD Variasi Ketinggian Media.....	IV-7
Gambar 4.5	Grafik Penyisihan Surfaktan Anionik Variasi Ketinggian Media.....	IV-9
Gambar 4.6	Variasi Diameter Reaktor	IV-11
Gambar 4.7	Grafik Penyisihan Kadar COD Variasi Diameter Reaktor.....	IV-12
Gambar 4.8	Persentase Penyisihan COD Variasi Diameter Reaktor	IV-12
Gambar 4.9	Grafik Penyisihan Surfaktan Anionik Variasi Diameter Reaktor	IV-13
Gambar 4.10	Variasi Ukuran Butiran Media	IV-15
Gambar 4.11	Grafik Penyisihan Kadar COD Variasi Ukuran Butiran	IV-17

Gambar 4.12	Persentase Penyisihan COD Variasi Ukuran Butiran.....	IV-17
Gambar 4.13	Grafik Penyisihan Surfaktan Anionik Variasi Ukuran Butiran.....	IV-18
Gambar 4.14	Variasi Air Baku.....	IV-20
Gambar 4.15	Grafik Penyisihan Kadar COD Variasi Air Bekas Buatan	IV-22
Gambar 4.16	Persentase Penyisihan COD Variasi Air Bekas Buatan	IV-22
Gambar 4.17	Grafik Penyisihan Surfaktan Anionik Variasi Air Bekas Buatan	IV-23
Gambar 4.18	Variasi Rangkaian Media	IV-26
Gambar 4.19	Grafik Penyisihan Kadar COD Variasi Rangkaian Media	IV-27
Gambar 4.20	Grafik Penyisihan Surfaktan Anionik Variasi Rangkaian Media	IV-29
Gambar 4.21	Kurva Freundlich.....	IV-32
Gambar 4.22	Kurva Langmuir	IV-34



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jasa pencucian kendaraan adalah salah satu kegiatan industri yang menggunakan deterjen sebagai bahan penunjang untuk membersihkan motor dan mobil. Namun tanpa disadari, limbah pencucian kendaraan dapat menyebabkan masalah lingkungan, yakni pencemaran air yang disebabkan bahan penyusun dalam deterjen (Maretha, 2014)

Dalam deterjen terkandung komponen utamanya, yaitu surfaktan, baik bersifat kationik, anionik maupun non-ionik. Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang termasuk bahan kimia organik. Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan Alkyl Benzene Sulfonat (ABS) adalah surfaktan anionik yang merupakan senyawa aktif deterjen (Doan, 2008). Senyawa ini memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi (diuraikan) secara alamiah. Sesuai namanya, surfaktan bekerja dengan menurunkan tegangan air untuk mengangkat kotoran (*emulsifier*/bahan pengemulsi). Pada mulanya surfaktan hanya digunakan sebagai bahan utama pembuat deterjen. Namun karena terbukti ampuh membersihkan kotoran, maka banyak digunakan sebagai bahan pencuci lain (R.J.Miton.,1978).

Surfaktan yang terdapat dalam deterjen sangat susah diurai secara biologi. Hal ini secara tidak langsung akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan yaitu perairan yang terkontaminasi oleh surfaktan akan dipenuhi oleh busa dan menyebabkan suplai oksigen dari udara sangat lambat akibat busa yang menutupi permukaan air (Connel dan Miller,1995). Semakin tinggi akumulasi deterjen maka semakin rendah pula suplai oksigen terlarut di dalam air. Hal ini menyebabkan tingginya kadar COD dalam air. Bahan yang tidak dapat didegradasi secara biologi tersebut akan didegradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi, pada proses oksidasi terdapat kebutuhan oksigen yang harus terpenuhi agar proses oksidasi dapat berlangsung dengan baik. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimia tersebut dikenal dengan nama COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Cheremisionoff and Ellerbusch,1978).

Permasalahan air yang disebabkan oleh deterjen memerlukan penanganan yang tepat agar tidak mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri sabun, deterjen dan produk minyak nabati kadar maksimum surfaktan anionik yang diperbolehkan sebesar 3 mg/L dan kadar maksimum COD yang diperbolehkan sebesar 180 mg/L. Perlunya pengolahan air bekas sebelum dibuang ke badan air agar sesuai dengan baku mutu.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar surfaktan anionik yaitu salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya suatu zat pada permukaan zat lain karena ketidaksamaan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan dimana komponen dari fase berpindah ke permukaan fase padat (Metcalf & Eddy, 1991).

Proses adsorpsi merupakan proses yang menarik untuk dikaji karena metode ini dapat dilakukan dengan berbagai jenis material, seperti karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif merupakan senyawa amorf (padatan yang tidak memiliki keteraturan kisinya) yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dipilih karena memiliki daya serap yang tinggi yakni mencapai 25-100% terhadap senyawa organik ataupun anorganik serta luas permukaan yang besar berkisar antara 300-350 m²/g (Majid, 2017).

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral [SiO₄]⁴⁻ dan [AlO₄]⁵⁻ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Chetam, 1992 dalam Lestari, 2010).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diuraikan di atas, perlu dilakukan penelitian tentang pengolahan air limbah dengan menggunakan media berbutir. Media yang digunakan yaitu karbon aktif dan zeolit termodifikasi tipe RA52. Media yang digunakan adalah bahan yang relatif murah dan mudah didapat.

Penggunaan karbon aktif dan zeolit diharapkan dapat menurunkan kadar surfaktan anionik dan nilai COD di air bekas cucian kendaraan bermotor.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan karbon aktif dan zeolit dalam mengolah limbah pencucian kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah menemukan besarnya penurunan kadar surfaktan anionik dan COD dalam air bekas pencucian kendaraan buatan dengan menggunakan media karbon aktif dan zeolit dengan sistem batch.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah air bekas cucian kendaraan buatan yang terdiri dari campuran air keran Laboratorium Air Teknik Lingkungan UNPAS yang dicampur dengan sabun yang digunakan di tempat pencucian kendaraan dengan kadar yang sesuai dengan air limbah yang dihasilkan.
2. Tabung reaktor penyisihan air bekas berbentuk silinder berbahan *acrylic*
3. Melakukan variasi 3 ketinggian media dalam reaktor.
4. Melakukan variasi 3 diameter reaktor.
5. Melakukan variasi 3 ukuran butir media.
6. Melakukan variasi 2 konfigurasi media.
7. Parameter yang akan diuji adalah parameter kimia meliputi kandungan surfaktan anionik dan COD.

1.4 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun dengan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung penelitian dengan bersumber pada literatur dan jurnal serta penelitian-penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

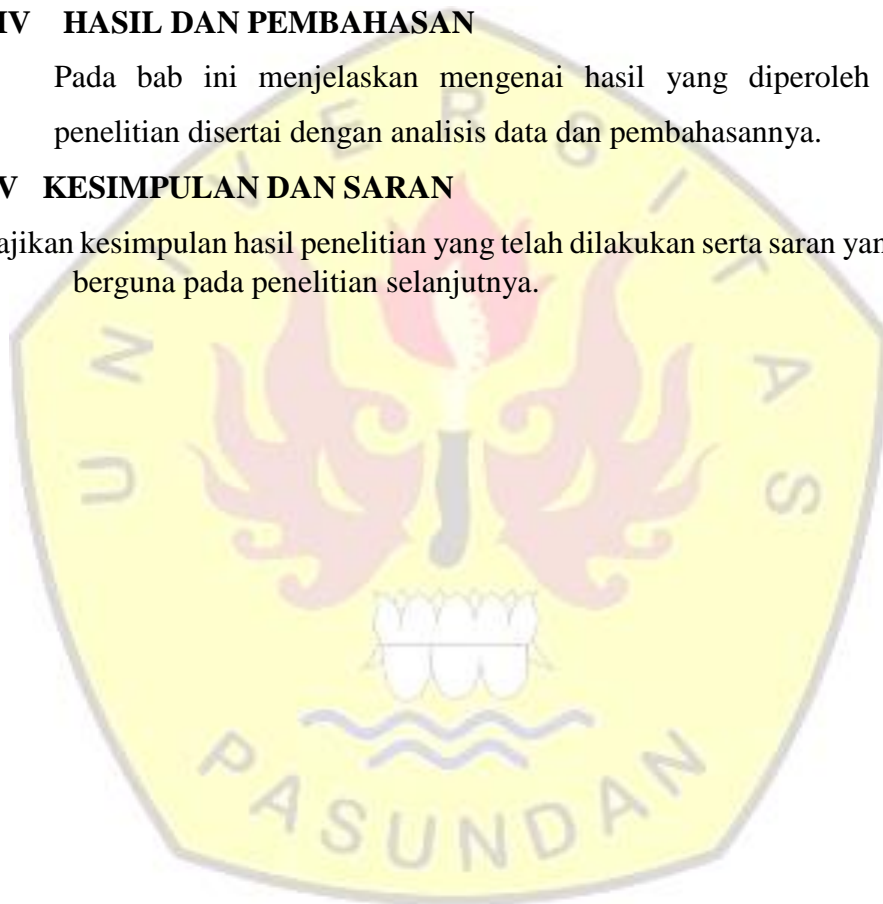
Berisi tentang daftar alat dan bahan yang digunakan, diagram alir penelitian, metode pengumpulan data serta metode analisa data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil yang diperoleh selama penelitian disertai dengan analisis data dan pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat berguna pada penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Bekkum, V.H., et al. 1991. *Introduction to Zeolite Science and Practice*. 2nd revised Ed. Elsevier. Amsterdam.
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. USA: John Wiley and Sons, Inc
- Ginting, F.D. 2008. *Pengujian Alat Pendingin Sistem Adsorpsi Dua Adsorber dengan Menggunakan Metanol 1000ml sebagai Refrigeran*. Skripsi Sarjana. Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Harold, H. 1998. *Kimia Organik*. Edisi keenam. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Hartati, E. 2007. *Studi Pengolahan Kandungan Ion Logam (Fe,Mn,Cu,Zn) Lindi Sampah oleh Zeoli.*, J. Sains Mipa, Edisi Khusus, 13(1):29- 34.
- Heinemann, R. 1992. *Chemistry Two*, Australian Pty. Ltd. Heinemann Education : Australia.
- Hendra. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Karbonat*; Prosiding Seminar 67 Nasional “Kejuangan” Teknik Kimia, Yogyakarta
- Heriyani, O. 2016. *Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir*. Prosiding Seminar Nasional TEKNOKA Fakultas Teknik UHAMKA, Tahun 2016, ISBN 978-602-73919-0-1.
- Isminingsih. 1972. *Analisa Zat Aktif Permukaan Dan Detergensi*. Bandung : Institut Teknologi Tekstil.
- Kaniawati, D. 2008. *Penyisihan Surfaktan dalam Air Buangan Cucian Laundry Menggunakan Sekam Padi*. Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan, Bandung.
- Kvech, et al. 1998. *Activated Carbon. Departement of Civil and. Environmental Engineering*. Virginia Tech University. United States of America.
- Larasati, A. 2016. *Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel Di TPA Tlekung, Batu*. Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan 2 (1), 44-48.

- Metcalf dan Eddy, Inc. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th edition. New York: Mc Graw-Hill.
- Mifbakhuddin. 2010. *Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif sebagai Media Filter terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis*. Eksplanasi 5 (2), 1-11.
- Myers, D. 2006. *Surfactant Science and Technology*. 3rd ed. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Inc.
- Nathanson, J.A. 1986. *Basic Environmental Technology: Water Supply, Waste Disposal, and Pollution Control*. Jogn Wiley & Sons, Inc. New York.
- Nugroho, W. & Purwoto, S. 2013. *Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif*. Jurnal Teknik WAKTU, 11 (1), 47-59
- Nurhidayati. 2009. *Pemanfaatan Karbon Aktif Pasar Kayu Sengon sebagai Absorben Logam Berat Cu pada Limbah Simulasi Cu*. Skripsi. Yougyakarta: UNY.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang *Baku Mutu Limbah Cair*. Jakarta: Ditjen PP.
- Puspitasari, D.P. 2006. *Adsorpsi Surfaktan Anionik pada Berbagai pH Menggunakan Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida*. Tugas Akhir Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rosen, J.M. 1978. *Surfactant and Interfacial Phenomena*. John Willey and Sons, Inc, Toronto, Canada
- Sawyer, Clair N, et al. 1967. *Chemsitry For Environmental Engineering and Science*. Fifth Edition. Singapore: Mc. Graw Hill. Hal 275.
- Schramm, LL. 2000. *Surfactants: Fundamentals and Applications in The Petroleum Industry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scott, M.A. 2003. *Handbook of Zeolite Science and Technology*. Marcel Dekker Inc. New York. Pp. 42 - 45.
- Setyaningsih, H. 1995. *Pengolahan Limbah Batik dalam Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif*. Tesis. Program Pascasarjana. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sheats, W.B. and MacArthur, B.W. 2002. *Methyl Ester Sulfonate Products*. The Chemiton Corp., Seattle.

- SNI 06-6989.51-2005. 2005. *Air dan Air Limbah – Bagian 51: Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer Secara Biru Metilen*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-6989.73-2009. 2009. *Air dan Air Limbah – Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Titrimetri*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sopiah, R.N. 2008. *Pengelolaan Limbah Deterjen sebagai Upaya Minimalisasi Polutan di Badan Air dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan*. Balai Teknologi Lingkungan – BPP, Teknologi, Serpong.
- Steel, E.W. and McGHEE T.J. 1985. *Water Supply and Sewerage*. Fifth Edition. McGraw Hill Inc. Singapore.
- Suhartana. 2006. *Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan*. Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNDIP, Berkala Fisika 9 (3).
- Suhendra, D. 2010. *Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat Dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II)*. Makara Sains 14 (1), April 2010: 22-26.
- Sukir. 2008. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dan Sekam Padi*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- Sukmawati, P.D. 2017. *Pengaruh Aktivasi Fisik Zeolit Alam sebagai Adsorben dalam Proses Adsorpsi Minyak Jelantah*. Sanitas: Jurnal Kesehatan Lingkungan 8 (4), 169-174.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operation*. Singapore. Mc.Graw Hill, 3rd edition.
- UNESCO/WHO/UNEP. 1992. *Water Quality Assessments*. Edited by Chapman, D. Chapman and Hall Ltd. London
- West, C.C. and Harwell, J.H. 1992. *Surfactants and Subsurface Remediation*. Environ. Sci. Technol. 26:2324.
- Williams, R.A. dan Simon, S.J.R. 1992. *Handling Colloidal Material in Colloid and Surface Engineering Application in Process Industries*. Oxford:Butterworth-Heinemann Ltd. J. Am Oil Chem Soc 72 (7) : 835-84.